地鳖肽对氧化应激肉仔鸡生长性能、肉品质、脏器指数和抗氧化能力的影响

谢梦蕊[1]　李秋明[1]　邱思奇[1]　齐晓龙[1*]　沈　红[1,2*]

（1.北京农学院动物科学技术学院，北京 102206；2.兽医学（中医药）北京市重点实验室，北京 102206）

摘　要：本试验旨在探究地鳖肽对氢化可的松诱导的氧化应激肉仔鸡生长性能、肉品质、脏器指数和抗氧化能力的影响。选用 180 只 1 日龄健康爱拔益加（AA）肉仔鸡，随机分为 5 组，分别为对照组、模型组（25 mg/L 氢化可的松）和 3 个地鳖肽组[0.4、0.8 和 1.6 g/kg BW，每组 6 个重复，每个重复 6 只鸡。从第 4 天开始，3 个地鳖肽组在饮水中加地鳖肽至第 21 天；从第 8 天开始，除对照组外，其余各组均在饮水中加氢化可的松，连续 5 d。试验期 21 d。结果表明：1）14 日龄时，模型组肉仔鸡的血清皮质酮含量显著高于对照组和地鳖肽组（$P<0.05$）。2）1~14 日龄时，与对照组相比，模型组肉仔鸡的平均日增重（ADG）显著降低（$P<0.05$），料重比（F/G）显著增加（$P<0.05$）；与模型组相比，地鳖肽组的 F/G 显著降低（$P<0.05$）。15~21 日龄时，模型组的 ADG 和平均日采食量（ADFI）显著低于对照组（$P<0.05$）。1~21 日龄时，模型组的 ADG 和 ADFI 显著低于对照组（$P<0.05$），F/G 显著高于对照组（$P<0.05$）；与模型组相比，0.4 和 1.6 g/kg BW 地鳖肽组的 F/G 显著降低（$P<0.05$）。3）14 日龄时，与对照组相比，模型组肉仔鸡的胸肌 $pH_{45\ min}$ 和红度（a^*）值显著降低（$P<0.05$），胸肌、腿肌滴水损失显著升高（$P<0.05$）；与模型组相比，0.8 g/kg BW 地鳖肽组的胸肌 $pH_{45\ min}$ 显著升高（$P<0.05$），胸肌滴水损失显著降低（$P<0.05$），0.4 和 1.6 g/kg BW 地鳖肽组的腿肌滴水损失显著降低（$P<0.05$）。21 日龄时，与模型组相比，0.4 g/kg BW 地鳖肽组的胸肌 a^*值显著升高（$P<0.05$），胸肌滴水损失显著降低（$P<0.05$）。4）14 日龄时，模型组肉仔

收稿日期：2017-11-01

基金项目：北京农学院学位与研究生教育改革与发展项目（2017YJS048，2017YJS020）；北京农委 2016 年度新型生产经营主体科技能力提升工程专家对接服务项目

作者简介：谢梦蕊（1991—），女，河北保定人，硕士研究生，研究方向为免疫药理。E-mail: xiemr_2010@126.com

*通信作者：齐晓龙，讲师，硕士生导师，E-mail: bbcqxl@126.com；沈　红，教授，硕士生导师，E-mail: shenhong912@sina.com

鸡的脾脏、胸腺和法氏囊指数显著低于对照组（$P<0.05$）；21 日龄时，模型组的法氏囊指数显著低于对照组和 1.6 g/kg BW 地鳖肽组（$P<0.05$）。5）14 日龄时，模型组肉仔鸡的肝脏和胸肌超氧化物歧化酶（SOD）活性显著低于对照组（$P<0.05$），肝脏和胸肌谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性显著低于对照组和 0.4 g/kg BW 地鳖肽组（$P<0.05$），肝脏和胸肌过氧化氢酶（CAT）活性显著低于对照组和 0.8 和 1.6 g/kg BW 地鳖肽组（$P<0.05$）。14 和 21 日龄时，模型组的肝脏和胸肌丙二醛（MDA）含量显著高于对照组（$P<0.05$）。以上结果提示，地鳖肽可有效缓解氧化应激状态下肉仔鸡的应激反应，促进肉仔鸡生长，改善肉品质，提高机体抗氧化能力。

关键词：地鳖肽；肉仔鸡；氧化应激；肉品质；抗氧化能力

中图分类号：S831　　　　　　　文献标识码：A　　　　　　　文章编号：

氧化应激是指在内源或外源因素的刺激下，机体自由基产生过多，超出其清除能力，致使氧化还原状态失衡而引起的氧化损伤过程[1]。目前，在高密度集约化饲养模式下，环境、营养、运输等因素均可引起氧化应激，降低动物的生产性能、免疫功能和畜产品品质等。因此，探索开发安全有效的天然抗氧化剂显得尤为重要。

近年来，国内外学者已从多种动植物蛋白酶解液中分离出具有抗氧化活性的多肽，其可清除体内多余的氧自由基，抑制脂质过氧化，且易被机体吸收[2]。研究证明，多肽在调节免疫功能、降低胆固醇含量、抗菌和抗氧化等方面均有良好功效[3]。如牛膝多肽可显著降低大鼠因心肌缺血再灌注引起的氧化应激，保护心肌细胞的正常功能[4]；大米蛋白肽对热应激引起的蛋鸡生产性能的下降和血液中葡萄糖、醛固酮等含量的升高有良好的缓解作用[5]。

地鳖（*Eupolyphaga sinensis* Walker，ESW）具有调脂降脂、抗肿瘤、免疫调节和抗氧化等药理作用[6]。研究发现地鳖肽(*Eupolyphaga sinensis* Walker polypeptides，ESWPs)具有一定的抗氧化作用，但有关地鳖肽抗氧化作用的研究仅局限于简单的提取分离、活性分析和小鼠的体内试验，尚未见有关地鳖肽对氧化应激状态下禽类影响的报道。

本试验通过在饮水中添加氢化可的松构建肉仔鸡氧化应激模型，探究不同水平地鳖肽对氧化应激状态下肉仔鸡生长性能、肉品质、脏器指数和抗氧化能力的影响，为地鳖肽在肉鸡生产中的应用提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

氢化可的松购自山西科龙兽药有限公司，为白色粉末，纯度≥99%，在水中的溶解度为100 mg/mL。地鳖肽由本实验室提取制备。采用蛋白酶水解法从地鳖虫粉中提取获得地鳖肽溶液，通过三羟甲基甘氨酸–十二烷基硫酸钠–聚丙烯酰胺凝胶电泳（Tricine-SDS-PAGE）法测定酶解液中地鳖肽的分子质量为8~9 ku，通过双缩脲法测定地鳖肽溶液浓度为45 mg/mL。

1.2　试验设计与试验饲粮

选用180只1日龄健康爱拔益加（AA）肉仔鸡公雏，随机分为5组，分别为对照组、模型组（25 mg/L氢化可的松）和3个地鳖肽组[0.4、0.8和1.6 g/kg BW，每组6个重复，每个重复6只鸡。从第4天开始，3个地鳖肽组在饮水中加地鳖肽至第21天；从第8天开始，除对照组外，其余各组均在饮水中加氢化可的松，连续5 d。试验期21 d。自由饮食，观察肉仔鸡的精神状态、食欲和粪便状况，记录死亡鸡只数。基础饲粮参照NRC（1994）和《鸡饲养标准》（NY/T 33—2004），结合肉仔鸡饲养手册配制，为玉米–豆粕型粉状饲粮。基础饲粮组成及营养水平见表1。

表1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet（air-dry basis）　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	56.75
麦麸 Wheat bran	4.80
植物油 Vegetable oil	2.20
豆粕 Soybean meal	27.23
鱼粉 Fish meal	5.00
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.50
石粉 Limestone	1.00
氯化胆碱 Choline chloride（50%）	0.15
赖氨酸盐酸盐 Lys•HCl	0.01
蛋氨酸 Met	0.16

食盐 NaCl	0.20
预混料 Premix[1)]	1.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]	
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.30
粗蛋白质 CP	20.83
钙 Ca	1.00
有效磷 AP	0.51
赖氨酸 Lys	1.14
蛋氨酸 Met	0.53
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.88

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet：VA 12 000 IU，VD_3 3 000 IU，VE 25 mg，VK_3 3.0 mg，VB_1 2.5 mg，VB_2 6.0 mg，VB_6 3.0 mg，VB_{12} 0.025 mg，*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 12.0 mg，生物素 biotin 0.03 mg，烟酸 nicotinic acid 50 mg，叶酸 folic acid 1.5 mg，Fe (as ferrous sulfate) 100 mg，Zn (as zinc sulfate) 75 mg，Mn (as manganese sulfate) 80 mg，Cu (as copper sulfate) 10 mg，I (as potassium iodide) 0.4 mg，Se (as sodium selenite) 0.3 mg。

[2)] 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.3 样品采集与制备

分别于第 14 天和第 21 天，每组随机选取 18 只鸡称重（空腹 12 h），心脏采血，离心制备血清，分装于-20 ℃保存备用。处死鸡后取左侧胸肌、腿肌称重，立即取一部分用于肉品质检测，剩余部分与采集的新鲜肝脏样品于-20 ℃保存备用；取胰腺、胸腺、脾脏和法氏囊称重，计算脏器指数。称取 1 g 组织（肝脏、胸肌）于匀浆管中，加 9 mL 预冷生理盐水制成 10%组织匀浆液，3 500 r/min 离心 15 min，取上清液于-20 ℃保存备用。

1.4 检测指标

1.4.1 生长性能

分别于 1、14 和 21 日龄时以重复为单位称量肉仔鸡和余料重，计算平均日增重（ADG，

g/d）、平均日采食量（ADFI，g/d）和料重比(F/G)。

1.4.2　脏器指数

按照以下公式计算脏器指数：

脏器指数（mg/g）=脏器重量（mg）/鸡活体重（g）。

1.4.3　肉品质

pH：分别于屠宰后 45 min 和 24 h 时，取 2 g 胸肌、腿肌剪碎，加入 10 倍体积超纯水，搅拌均匀后，室温静置 30 min，用酸度计测胸肌、腿肌的 pH。

肉色：取同一部位胸肌、腿肌，用测色色差计测肌肉亮度（lightness，L*）值、红度（redness，a*）值和黄度（yellowness，b*）值。

滴水损失：取胸肌、腿肌的中间部分，修整成 35 cm×15 cm×10 mm 长方体，称重(W_1)，然后用铁丝钓住肉样的一端，使肌纤维垂直，装入充气的塑料袋中封口，4 ℃保存 24 h 后取出称重(W_2)，按照以下公式计算滴水损失：

$$滴水损失(\%)=（W_1-W_2)/W_1\times100。$$

1.4.4　血清皮质酮含量

按照试剂盒说明检测血清皮质酮含量。

1.4.5　组织抗氧化酶活性和过氧化物含量

根据试剂盒说明检测肝脏和胸肌的超氧化物歧化酶（SOD）、过氧化氢酶（CAT）、谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性和丙二醛（MDA）含量。

1.5　统计分析

试验数据采用 Graphpad Prism 6.0 软件，单因素方差分析（one-way ANOVA）程序进行组间差异分析，LSD 进行多重比较，结果用“平均值±标准差(Mean±SD)”表示。$P<0.05$ 表示差异显著。

2　结　果

2.1　地鳖肽对氧化应激状态下肉仔鸡皮质酮分泌的影响

由表 2 可见，14 日龄时，模型组肉仔鸡的血清皮质酮含量显著高于对照组和地鳖肽组（$P<0.05$）；与对照组比，地鳖肽组的血清皮质酮含量也有不同程度的增加，但差异不显著（$P>0.05$）；地鳖肽组中以 1.6 g/kg BW 地鳖肽组的血清皮质酮含量为最低。21 日龄时，模

型组的血清皮质酮含量高于其他各组，但差异不显著（$P>0.05$）。

表2　地鳖肽对氧化应激状态下肉仔鸡血清皮质酮含量的影响

Table 2　Effects of *Eupolyphaga sinensis* Walker polypeptides on serum corticosterone content of broilers under oxidative stress

项目 Items	日龄 Days of age	对照组 Control group	模型组 Model group	地鳖肽组 *Eupolyphaga sinensis* Walker polypeptides groups/(g/kg BW)		
				0.4	0.8	1.6
皮质酮 Corticosterone	14	9.76±1.58^{b}	24.67±1.77^{a}	16.10±5.31^{b}	15.77±4.03^{b}	14.38±3.74^{b}
	21	9.58±0.73	12.14±1.76	10.05±1.35	9.98±1.46	10.90±3.22

同行数据肩标不同字母表示差异显著（$P<0.05$）。下表同。

In the same row, values with different letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as below.

2.2　地鳖肽对氧化应激状态下肉仔鸡生长性能的影响

由表 3 可见，1~14 日龄时，与对照组相比，模型组肉仔鸡的 ADG 显著降低（$P<0.05$），ADFI 有降低趋势（$P>0.05$），F/G 显著增加（$P<0.05$）；与模型组相比，地鳖肽组的 ADG 有升高趋势，ADFI 有降低趋势，但差异均不显著（$P>0.05$），F/G 显著降低（$P<0.05$）。15~21 日龄时，模型组的 ADG 和 ADFI 显著低于对照组（$P<0.05$）；地鳖肽组的 ADG 和 ADFI 高于模型组，但差异不显著（$P>0.05$）；各组的 F/G 无显著差异（$P>0.05$）。1~21 日龄时，模型组的 ADG 和 ADFI 显著低于对照组（$P<0.05$），F/G 显著高于对照组（$P<0.05$）；与模型组相比，地鳖肽组的 ADG 有升高趋势（$P>0.05$），0.4 g/kg BW 地鳖肽组的 ADFI 有升高趋势（$P>0.05$），而 0.8 和 1.6 g/kg BW 地鳖肽组的 ADFI 则有降低趋势（$P>0.05$）；0.4 和 1.6 g/kg BW 地鳖肽组的 F/G 显著低于模型组（$P<0.05$）。

表3　地鳖肽对氧化应激状态下肉仔鸡生长性能的影响

Table 3　Effects of *Eupolyphaga sinensis* Walker polypeptides on growth performance of broilers under oxidative stress

项目 Items	日龄 Days of age	对照组 Control group	模型组 Model group	地鳖肽组 *Eupolyphaga sinensis* Walker polypeptides groups/(g/kg BW)

				0.4	0.8	1.6
平均日增重 ADG/（g/d）	1~14	12.85±1.14^{a}	7.95±0.38^{b}	9.95±1.20^{ab}	9.69±1.20^{ab}	9.24±0.79^{ab}
	15~21	16.42±1.30^{a}	13.03±0.05^{b}	14.75±1.77^{ab}	14.17±1.18^{ab}	14.50±0.71^{ab}
	1~21	14.05±0.84^{a}	9.64±0.51^{b}	11.55±1.01^{ab}	11.19±0.84^{ab}	10.95±0.84^{ab}
平均日采食量 ADFI/（g/d）	1~14	21.29±0.82	19.60±1.45	18.79±1.57	18.57±0.38	17.63±0.44
	15~21	33.21±1.52^{a}	27.86±1.82^{b}	28.71±1.82^{ab}	29.93±3.13^{ab}	28.29±1.21^{ab}
	1~21	25.30±1.13^{a}	22.79±1.63^{b}	24.82±3.83^{ab}	21.37±1.09^{b}	21.85±0.96^{b}
料重比 F/G	1~14	1.66±0.06^{c}	2.46±0.18^{a}	1.88±0.16^{bc}	1.91±0.04^{b}	1.90±0.05^{b}
	15~21	2.03±0.07	2.05±0.01	1.95±0.11	2.11±0.05	1.96±0.18
	1~21	1.79±0.01^{b}	2.32±0.07^{a}	1.91±0.33^{b}	1.98±0.10^{ab}	1.93±0.09^{b}

2.3 地鳖肽对氧化应激状态下肉仔鸡肉品质的影响

由表 4 可见，14 日龄时，各组肉仔鸡的胸肌相对重无显著差异（P>0.05）；模型组的胸肌 $pH_{45\ min}$ 显著低于对照组和 0.4、0.8 g/kg BW 地鳖肽组（P<0.05）；各组的胸肌 $pH_{24\ h}$ 无显著差异（P>0.05）；与对照组相比，模型组的胸肌 a^*值显著降低（P<0.05），L^*值和 b^*值有升高趋势，但差异不显著（P>0.05）；与对照组相比，模型组的胸肌滴水损失显著升高（P<0.05），而与模型组相比，地鳖肽组的滴水损失有降低趋势，其中 0.8 g/kg BW 地鳖肽组的滴水损失显著降低（P<0.05）。21 日龄时，模型组的胸肌相对重低于对照组和地鳖肽组，但差异不显著（P>0.05）；各组的胸肌 $pH_{45\ min}$、$pH_{24\ h}$、L^*值和 b^*值均无显著差异（P>0.05）；0.4 g/kg BW 地鳖肽组的胸肌 a^*值显著高于除对照组外的其他各组（P<0.05）；0.4 g/kg BW 地鳖肽组的胸肌滴水损失显著低于模型组（P<0.05）。

表4　地鳖肽对氧化应激状态下肉仔鸡胸肌肉品质的影响

Table 4　Effects of *Eupolyphaga sinensis* Walker polypeptides on the breast muscle quality of broilers under oxidative stress

项目 Items	日龄 Days of age	对照组 Control group	模型组 Model group	地鳖肽组 *Eupolyphaga sinensis* Walker polypeptides groups/(g/kg BW)		
				0.4	0.8	1.6

胸肌相对重 Relative breast muscle weight/%	14	10.37±1.42	9.29±0.79	9.47±0.73	9.08±0.92	8.47±1.07
	21	9.41±0.56	8.81±0.43	9.18±0.65	9.30±0.48	9.40±0.78
$pH_{45\ min}$	14	6.48±0.02^{a}	6.30±0.08^{c}	6.41±0.08^{ab}	6.40±0.04^{ab}	6.34±0.05^{bc}
	21	6.41±0.02	6.31±0.13	6.44±0.12	6.44±0.08	6.38±0.06
$pH_{24\ h}$	14	6.22±0.05	6.12±0.02	6.20±0.08	6.21±0.05	6.10±0.04
	21	6.18±0.18	6.19±0.06	6.11±0.20	6.16±0.18	6.17±0.17
肉色 Color						
亮度 L*	14	44.36±1.85	48.09±0.87	47.49±0.58	46.94±2.71	46.13±1.32
	21	46.38±3.39	51.36±2.78	47.75±1.02	49.62±3.07	51.38±1.38
红度 a*	14	7.98±0.86^{a}	5.67±0.50^{b}	6.15±0.29^{b}	6.41±1.23^{b}	6.32±0.53^{b}
	21	7.29±0.44^{ab}	5.04±1.28^{b}	9.05±2.16^{a}	4.88±1.97^{b}	4.92±0.51^{b}
黄度 b*	14	10.81±1.05	11.54±1.07	9.91±1.18	10.32±0.93	10.57±0.67
	21	10.71±1.97	12.54±1.94	10.47±1.71	10.47±0.43	13.58±1.34
滴水损失 Drip loss/%	14	7.85±1.15^{c}	12.71±1.10^{a}	11.42±1.74^{ab}	10.07±1.15^{bc}	11.10±1.16^{ab}
	21	8.52±0.51^{ab}	9.34±0.08^{a}	7.73±0.76^{b}	9.43±0.76^{a}	9.14±0.68^{a}

由表 5 可见，14 日龄时，各组肉仔鸡的腿肌相对重无显著差异（P>0.05）；与对照组相比，模型组的腿肌 L^*值、a^*值有升高趋势，但差异不显著（P>0.05）；模型组的腿肌滴水损失显著高于对照组（P<0.05），地鳖肽组的腿肌滴水损失均低于模型组，其中 0.4 和 1.6 g/kg BW 地鳖肽组的腿肌滴水损失显著低于模型组（P<0.05）。21 日龄时，模型组的腿肌相对重低于对照组和地鳖肽组，但无显著差异（P>0.05）；各组的腿肌 L^*值、a^*值、b^*值、滴水损失均无显著差异（P>0.05）。

表5 地鳖肽对氧化应激状态下肉仔鸡腿肌肉品质的影响

Table 5 Effects of *Eupolyphaga sinensis* Walker polypeptides on the leg muscle quality of broilers under oxidative stress

项目 Items	日龄 Days of age	对照组 Control group	模型组 Model group	地鳖肽组 *Eupolyphaga sinensis* Walker polypeptides groups/(g/kg BW)		
				0.4	0.8	1.6
腿肌相对重 Relative leg muscle weight/%	14	10.37±0.99	10.03±0.62	9.99±0.94	9.93±0.88	10.42±0.31
	21	10.73±0.84	9.80±0.35	10.43±0.76	10.34±0.81	11.18±0.73
肉色 Color						
亮度 L*	14	47.74±1.46	51.61±2.42	51.14±1.01	45.54±3.63	49.68±0.60
	21	12.90±0.48	8.68±0.47	11.44±2.10	13.56±0.37	11.10±0.70
红度 a*	14	8.07±1.29	9.72±0.80	11.48±2.17	9.08±2.49	9.89±0.49
	21	48.22±1.23	50.27±4.07	48.58±0.87	49.74±1.81	50.74±3.08
黄度 b*	14	10.66±2.18	11.23±0.35	11.60±1.04	14.25±1.57	11.26±1.41
	21	10.77±0.51	11.06±3.14	10.12±1.70	11.42±2.24	10.29±0.84
滴水损失 Drip loss/%	14	11.27±2.23^{b}	15.85±1.39^{a}	12.09±1.47^{b}	13.41±0.72^{ab}	12.18±1.68^{b}
	21	8.83±1.06	9.76±0.95	8.627±0.18	9.99±0.24	9.59±1.08

2.4 地鳖肽对氧化应激状态下肉仔鸡脏器指数的影响

由表 6 可见，14 日龄时，各组肉仔鸡的胰腺指数无显著差异（*P*>0.05）；模型组的脾脏指数显著低于 0.4、0.8 g/kg BW 地鳖肽组和对照组（*P*<0.05）；模型组的胸腺指数显著低于对照组和 1.6 g/kg BW 地鳖肽组（*P*<0.05）；模型组的法氏囊指数显著低于对照组和 0.4 g/kg BW 地鳖肽组（*P*<0.05），地鳖肽各组的法氏囊指数无显著差异（*P*>0.05）。21 日龄时，胰腺、脾脏和胸腺指数的变化趋势与 14 日龄时相似，但各组间无显著差异（*P*>0.05）；与对照组相比，模型组的法氏囊指数显著降低（*P*<0.05），而 1.6 g/kg BW 地鳖肽组显著高于模型组（*P*<0.05）。

表 6 地鳖肽对氧化应激状态下肉仔鸡脏器指数的影响

Table 6 Effects of *Eupolyphaga sinensis* Walker polypeptides on the organ indexes of broilers under oxidative stress

项目 Items	日龄 Days of age	对照组 Control group	模型组 Model group	地鳖肽组 *Eupolyphaga sinensis* Walker polypeptides groups/(g/kg BW)		
				0.4	0.8	1.6
胰腺指数	14	4.46±0.28	4.08±0.19	4.28±0.63	4.41±0.59	3.59±0.61
Pancreatic index	21	3.53±0.21	3.69±0.48	3.73±0.39	4.07±0.32	3.69±0.33
脾脏指数	14	1.14±0.08^{a}	0.82±0.14^{c}	1.05±0.09^{ab}	1.07±0.24^{ab}	0.92±0.19^{bc}
Spleen index	21	1.31±0.16	1.20±0.10	1.20±0.18	1.36±0.08	1.27±0.09
胸腺指数	14	6.31±0.08^{a}	5.41±0.23^{c}	5.96±0.25^{abc}	5.69±0.43^{bc}	6.01±0.75^{ab}
Thymus index	21	5.55±0.09	5.14±0.09	5.26±0.42	5.49±0.41	5.19±0.23
法氏囊指数	14	5.63±0.88^{a}	2.68±1.03^{c}	3.89±0.40^{b}	3.75±1.00^{bc}	3.35±0.60^{bc}
Bursa of Fabricius index	21	5.45±0.11^{a}	4.24±0.32^{b}	5.01±0.83^{ab}	4.83±0.82^{ab}	5.31±0.58^{a}

2.5 地鳖肽对氧化应激状态下肉仔鸡肝脏抗氧化能力的影响

由表 7 可见，14 日龄时，模型组肉仔鸡的肝脏 SOD 活性显著低于对照组（P<0.05），1.6 g/kg BW 地鳖肽组的肝脏 SOD 活性显著高于模型组（P<0.05），但地鳖肽各组的肝脏 SOD 活性无显著差异（P>0.05）；模型组的肝脏 GSH-Px 活性显著低于对照组和 0.4、0.8 g/kg BW 地鳖肽组（P<0.05）；对照组和 0.8 和 1.6 g/kg BW 地鳖肽组的肝脏 CAT 活性显著高于模型组（P<0.05）；模型组的肝脏 MDA 含量显著高于对照组（P<0.05），0.8、1.6 g/kg BW 地鳖肽组的肝脏 MDA 含量显著低于模型组（P<0.05）。21 日龄时，模型组的肝脏抗氧化酶活性低于对照组和 0.4、0.8 g/kg BW 地鳖肽组，但无显著差异（P>0.05）；对照组和 1.6 g/kg BW 地鳖肽组的肝脏 MDA 含量显著低于模型组（P<0.05）。

表 7　地鳖肽对氧化应激状态下肉仔鸡肝脏抗氧化能力的影响

Table 7　Effects of *Eupolyphaga sinensis* Walker polypeptides on liver antioxidant capacity of +broilers under oxidative stress

项目 Items	日龄 Days of age	对照组 Control group	模型组 Model group	地鳖肽组 *Eupolyphaga sinensis* Walker polypeptides groups/(g/kg BW)		
				0.4	0.8	1.6

超氧化物歧化酶	14	93.54±1.16^{a}	81.97±3.82^{c}	83.43±5.90^{bc}	87.05±3.78^{abc}	89.34±1.67^{ab}
SOD/(U/mg prot)	21	100.64±2.75	92.53±0.90	99.32±10.04	93.03±6.45	88.46±6.11
谷胱甘肽过氧化物酶	14	48.22±1.14^{a}	41.67±0.95^{b}	50.97±3.27^{a}	49.83±4.35^{a}	46.26±4.74^{ab}
GSH-Px/(U/mg prot)	21	43.84±3.70	40.52±2.39	43.99±1.38	42.61±4.27	38.98±1.24
过氧化氢酶	14	46.77±2.74^{b}	38.84±3.63^{c}	45.10±1.78^{bc}	47.35±6.30^{b}	58.12±3.83^{a}
CAT/(U/mg prot)	21	49.46±5.52	44.65±4.60	49.29±7.42	50.12±4.65	50.29±5.03
丙二醛	14	0.57±0.08^{c}	0.76±0.05^{a}	0.68±0.07^{ab}	0.66±0.04^{bc}	0.63±0.02^{bc}
MDA/(nmol/mg prot)	21	0.74±0.06^{b}	0.94±0.09^{a}	0.86±0.04^{ab}	0.89±0.12^{a}	0.72±0.06^{b}

2.6 地鳖肽对氧化应激状态下肉仔鸡胸肌抗氧化能力的影响

由表 8 可见，14 日龄时，模型组肉仔鸡的胸肌 SOD 活性显著低于对照组和 0.4 g/kg BW 地鳖肽组（P<0.05），且低于 0.8 和 1.6 g/kg BW 地鳖肽组（P>0.05）；模型组的胸肌 GSH-Px 活性显著低于对照组和 0.4、1.6 g/kg BW 地鳖肽组（P<0.05），地鳖肽各组的胸肌 GSH-Px 活性无显著差异（P>0.05）；模型组的胸肌 CAT 活性显著低于对照组和地鳖肽组（P<0.05）；与对照组相比，模型组的胸肌 MDA 含量显著升高（P<0.05），而 0.4 g/kg BW 地鳖肽组的胸肌 MDA 含量显著低于模型组（P<0.05）。21 日龄时，各组的肌肉 SOD 和 GSH-Px 活性无显著差异（P>0.05）；模型组的胸肌 CAT 活性低于对照组（P>0.05），显著低于 0.8 g/kg BW 地鳖肽组（P<0.05）；模型组的胸肌 MDA 含量显著高于对照组（P<0.05），0.4、1.6 g/kg BW 地鳖肽组的胸肌 MDA 含量低于模型组，但无显著差异（P>0.05）。

表 8 地鳖肽对氧化应激状态下肉仔鸡胸肌抗氧化能力的影响

Table 8 Effects of *Eupolyphaga sinensis* Walker polypeptides on breast muscle antioxidant capacity of broilers under oxidative stress

项目 Items	日龄 Days of age	对照组 Control group	模型组 Model group	地鳖肽组 *Eupolyphaga sinensis* Walker polypeptides groups/(g/kg BW)		
				0.4	0.8	1.6
超氧化物歧化酶	14	44.12±1.10^{ab}	36.07±2.52^{c}	46.28±5.47^{a}	38.09±1.92^{bc}	38.10±4.14^{bc}
SOD/(U/mg prot)	21	40.50±0.48	38.27±3.00	42.38±4.92	44.41±4.88	46.73±2.48
谷胱甘肽过氧化物酶	14	22.37±0.73^{a}	17.82±1.61^{b}	22.32±3.54^{a}	20.37±0.55^{ab}	22.91±0.58^{a}

GSH-Px/(U/mg prot)	21	21.79±3.14	19.38±2.75	20.70±1.41	18.00±0.85	22.57±1.98
过氧化氢酶	14	8.17±0.54[a]	6.79±0.34[b]	8.77±0.59[a]	8.83±1.28[a]	9.01±0.68[a]
CAT/(U/mg prot)	21	9.36±0.64[b]	9.06±1.08[b]	9.47±0.27[b]	11.19±0.72[a]	9.33±0.84[b]
丙二醛	14	1.82±0.11[b]	2.45±0.20[a]	1.92±0.34[b]	2.35±0.16[a]	2.39±0.10[a]
MDA/(nmol/mg prot)	21	1.63±0.16[b]	2.21±0.24[a]	2.15±0.22[a]	2.26±0.15[a]	1.94±0.21[ab]

3 讨 论

3.1 氢化可的松诱导的肉仔鸡氧化应激模型的建立

氧化应激是目前规模化养殖生产中普遍存在的问题之一，严重影响养殖业的经济效益。氧化应激状态下，机体细胞内产生大量自由基，攻击细胞膜的多不饱和脂肪酸，导致细胞膜结构和功能的完整性受损，蛋白质和核酸氧化损伤，酶活性发生改变，组织功能异常，机体抗病力下降，进而诱导各种疾病的发生[7]。自 1980 年二丁基羟基甲苯（BHT）和丁基羟基茴香醚（BHA）等人工合成抗氧化剂被发现有一定的毒性和低致癌性后，天然抗氧化剂的开发就具有十分重要的意义。

机体处于氧化应激状态时，下丘脑通过释放促肾上腺皮质激素释放激素（CRH）促使垂体前叶分泌促肾上腺皮质激素（ACTH)，而ACTH的释放促进肾上腺皮质分泌糖皮质激素[8]。皮质酮作为调节代谢速率的重要激素，对机体的糖、脂肪和蛋白质代谢均有重要影响，血液皮质酮含量升高正是动物体应对应激反应的生理过程。韩慕俊等[9]研究表明，免疫和脂多糖（LPS）刺激均导致雏鸡血浆皮质酮含量急剧升高，添加维生素E可有效缓解。于文会等[10]对雏鸡注射新城疫疫苗造成免疫应激，发现免疫应激能显著提高血清ACTH和皮质酮含量及下丘脑*CRH*的mRNA表达水平。本研究结果表明，在饮水中添加氢化可的松可使肉仔鸡的血清皮质酮含量显著增加，成功诱导肉仔鸡处于氧化应激状态。

3.2 地鳖肽对氧化应激状态下肉仔鸡生长性能的影响

研究表明，地塞米松（DEX）诱导的氧化应激可显著降低肉仔鸡的ADFI和ADG，抑制肉仔鸡的生长[11-12]。在产蛋鸡饲粮中添加不同水平的氧化大豆油，随着大豆油氧化程度的加深，蛋鸡的饲料转化效率显著降低，产蛋率呈下降趋势[13]，与Eid等[14]的研究结果相一致。本研究结果表明，氧化应激模型组肉仔鸡的ADG和ADFI低于对照组，F/G高于对照组，但饮水中添加不同水平地鳖肽后肉仔鸡的ADG和ADFI升高，F/G降低。上述研究结果提示，

地鳖肽可有效缓解氧化应激对肉仔鸡生长性能的不利影响。

3.3 地鳖肽对氧化应激状态下肉仔鸡肉品质的影响

研究表明，应激可降低肉仔鸡体内蛋白质的沉积，减少胸肌、腿肌重量，降低肌肉率，促进脂肪合成，显著提高腹脂率，减少胴体可食用部分[15]。应激过程中活性氧（ROS）对脂质和蛋白质的氧化作用会加快糖酵解进程，使肌肉 pH 迅速降低，增加肌肉滴水损失率，导致肌肉蛋白质变性，使肌肉水分渗出，颜色灰白[16-18]。本研究结果表明，氧化应激降低肉仔鸡肌肉 pH，导致 L^*值增加、a^*值降低、滴水损失增加，而添加地鳖肽可有效改善氧化应激对仔鸡肉品质的不利影响。

3.4 地鳖肽对氧化应激状态下肉仔鸡脏器指数的影响

氧化应激对机体具有广泛影响，肌肉和主要脏器都会产生不同程度的氧化损伤。脏器指数是体内试验重要的观测指标，通过脏器指数可判断药物的毒性作用和免疫作用。关于地鳖肽对肉仔鸡脏器指数的报道较少，本研究结果表明，氧化应激模型组肉仔鸡的脏器指数低于对照组，添加地鳖肽后可提高脏器指数，改善器官发育，说明地鳖肽对氧化应激状态下肉仔鸡的生长发育有一定促进作用，改善不良影响。

3.5 地鳖肽对氧化应激状态下肉仔鸡肝脏和胸肌抗氧化能力的影响

研究报道，氧化应激可严重破坏肉鸡体内氧化系统和抗氧化系统之间的平衡状态[19-20]。家禽体内沉积过量的 MDA 会抑制抗氧化酶的活性，加剧机体 DNA 和蛋白质的氧化损伤，而应激可使肉鸡胸肌和骨骼肌的 MDA 含量增加 2~4 倍[21]。闵育娜等[22]通过腹腔注射地塞米松诱导肉鸡氧化应激模型，结果发现地塞米松显著降低血清 GSH-Px 活性和 T-AOC。注射敌草快（diquat）诱导仔猪氧化应激导致血液 SOD、GSH-Px 和 CAT 活性显著下降，MDA 含量呈上升趋势[23]。本试验通过测定氧化应激状态下肉仔鸡胸肌和肝脏抗氧化酶活性和 MDA 含量，评价肉仔鸡的氧化应激状态，结果显示，氢化可的松可成功诱导氧化应激，致使机体产生氧化损伤，而在饮水中添加地鳖肽后，胸肌和肝脏抗氧化酶活性增加，MDA 含量降低，说明地鳖肽对氢化可的松诱导的氧化应激有较好的缓解作用，可改善肉仔鸡肝脏和胸肌抗氧化酶的活性，提高抗氧化能力。

4 结 论

地鳖肽可通过增加肉仔鸡的肝脏和肌肉抗氧化酶活性，减少脂质过氧化物的产生，缓解

氢化可的松诱导的氧化损伤，从而改善肉仔鸡的脏器发育和肉品质，促进氧化损伤后的修复。在本试验条件下，肉仔鸡饮水中地鳖肽的适宜添加量为 0.4~0.8 g/kg BW。

参考文献：

[1] SOHAL R S,ALLEN R G.Oxidative stress as a causal factor in differentiation and aging:a unifying hypothesis[J].Experimental Gerontology,1990,25(6):499–522.

[2] LI Y,YU J M.Research progress in structure-activity relationship of bioactive peptides[J].Journal of Medicinal Food,2015,18(2):147–56.

[3] 杨子明,刘金磊,颜小捷,等.核桃多肽对 *D*-半乳糖诱导老年小鼠血脂水平的影响[J].食品科学,2015,36(9):181–184.

[4] TIE R,JI L L,NAN Y,et al.*Achyranthes bidentata* polypeptides reduces oxidative stress and exerts protective effects against myocardial ischemic/reperfusion injury in rats[J].International Journal of Molecular Sciences,2013,14(10):19792–19804.

[5] 刘卫东,宋素芳,程璞,等.大米蛋白肽对热应激时蛋鸡生产性能和相关生理生化指标的影响[J].中国粮油学报,2012,27(12):89–92.

[6] 李岗生,闫芝芬,郭延军,等.地鳖虫[M].北京:中国中医药出版社,2000.

[7] KALAM S S R,MANI A,PATEL J,et al.Antioxidants:elixir of life[J].International Multidisciplinary Research Journal,2012,2(1):18–34.

[8] ZULKIFLI I,SIEGEL H S,MASHALY M M,et al.Inhibition of adrenal steroidogenesis,neonatal feed restriction,and pituitary-adrenal axis response to subsequent fasting in chickens[J].General and Comparative Endocrinology,1995,97(1):49–56.

[9] 韩慕俊,赵桂苹,赵景鹏,等.维生素 E 水平和应激对雏鸡血浆皮质酮浓度的影响[J].中国畜牧兽医,2009,36(7):60–62.

[10] 于文会,姜龙,苏景,等.野菊花水煎剂对免疫应激鸡血清 ACTH 和 CORT 含量及下丘脑 *CRH* mRNA 表达影响[J].中国兽医杂志,2015,51(11):42–44.

[11] LI Y,CAI H Y,LIU G H,et al.Effects of stress simulated by dexamethasone on jejunal glucose transport in broilers[J].Poultry Science,2009,88(2):330–337.

[12] GAO J,LIN H,WANG X J,et al.Vitamin E supplementation alleviates the oxidative stress

induced by dexamethasone treatment and improves meat quality in broiler chickens[J].Poultry Science,2010,89(2):318–327.

[13] 岳洪源.日粮氧化大豆油对蛋鸡脂代谢及抗氧化机能影响的研究[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2011.

[14] EID Y,EBEID T,YOUNIS H.Vitamin E supplementation reduces dexamethasone-induced oxidative stress in chicken semen[J].British Poultry Science,2006,47(3):350–356.

[15] 胡骁飞,呙于明.生理应激对肉仔鸡胴体品质及肌肉品质影响[J].中国农业大学学报,2010,15(2):71–76.

[16] MYLONAS C,KOURETAS D.Lipid peroxidation and tissue damage[J].In Vivo,1999,13(3):295–309.

[17] ZHANG W H,GAO F,ZHU Q F,et al.Dietary sodium butyrate alleviates the oxidative stress induced by corticosterone exposure and improves meat quality in broiler chickens[J].Poultry Science,2011,90(11):2592–2599.

[18] DEBUT M,BERRI C,BAEZA E,et al.Variation of chicken technological meat quality in relation to genotype and preslaughter stress conditions[J].Poultry Science,2003,82(12):1829–1838.

[19] 高晶.应激对肉鸡脂质过氧化状态及肉质的影响[D].硕士学位论文.泰安:山东农业大学,2008.

[20] 武书庚.肉仔鸡氧化应激模型的研究[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2007.

[21] MUJAHID A,AKIBA Y,TOYOMIZU M.Olive oil-supplemented diet alleviates acute heat stress-induced mitochondrial ROS production in chicken skeletal muscle[J].American Journal of Physiology Regulatory Integrative & Comparative Physiology,2009,297(3):R690–698.

[22] 闵育娜,李华磊,刘少凯,等.酒糟对氧化应激肉鸡肉品质和抗氧化能力的影响[J].西北农业学报,2014,23(12):43–50.

[23] 李永义.茶多酚对氧化应激仔猪的保护作用及机制研究[D].博士学位论文.雅安:四川农业大学,2011.

Effects of *Eupolyphaga sinensis* Walker Polypeptides on Growth Performance, Meat Quality, Organ Indexes and Antioxidant Capacity of Broilers Under Oxidative Stress

XIE Mengrui[1]　LI Qiuming[1]　QIU Siqi[1]　QI Xiaolong[1*]　SHEN Hong[1,2*]

（1. *College of Animal Science and Technology*, *Beijing University of Agriculture*, *Beijing* 102206, *China*; 2. *Beijing Key Laboratory of Traditional Chinese Veterinary Medicine*, *Beijing* 102206, *China*）

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of *Eupolyphaga sinensis* Walker polypeptides (ESWPs) on growth performance, meat quality, organ indexes and antioxidant capacity of broilers under oxidative stress induced by hydrocortisone. One hundred and eighty 1-day-old healthy Arbor Acres (AA) broilers were randomly divided into 5 groups with 6 replicates per group and 6 broilers per replicate. Five groups were control group, model group (25 mg/L hydrocortisone), and 0.4, 0.8 and 1.6 g/kg BW ESWPs groups, respectively. ESWPs were supplemented into the drinking water from the 4th day to the 21st day in the three ESWPs groups. At the 8th day, hydrocortisone were supplemented into the drinking water in all groups except control group for 5 days. The experiment lasted for 21 days. The results showed as follows: 1) serum corticosterone content of broilers in model group was significantly higher than that in control group and ESWPs groups at 14 days of age (P<0.05). 2) From 1 to 14 days of age, compared with control group, average daily gain (ADG) of broilers in model group was significantly decreased (P<0.05), and the ratio of feed to gain (F/G) significantly increased (P<0.05); compared with model group, F/G in ESWPs groups significantly decreased (P<0.05). From 15 to 21 days of age, ADG and average daily feed intake (ADFI) in model group were significantly lower than those in control group (P<0.05). From 1 to 21 days of age, ADG and ADFI in model group were significantly lower than those in control group (P<0.05), F/G in model group was significantly higher than that in control group (P<0.05); and F/G in 0.4 and 1.6 g/kg BW ESWPs groups was significantly lower than that in model group (P<0.05). 3) At 14 days of

---

*Corresponding authors: QI Xiaolong, lecturer, E-mail: bbcqxl@126.com; SHEN Hong, professor, E-mail: shenhong912@sina.com　（责任编辑　李慧英）

age, compared with control group, $pH_{45\ min}$ and redness (a^*) value in breast muscle of broilers in model group significantly decreased (P<0.05), and drip loss in breast and leg muscles significantly increased (P<0.05); compared with model group, $pH_{45\ min}$ in breast muscle in 0.8 g/kg BW ESWPs group significantly increased (P<0.05), drip loss in breast muscle was significantly decreased (P<0.05), and drip loss in leg muscle in 0.4 and 1.6 g/kg BW ESWPs groups was significantly decreased (P<0.05). At 21 days of age, compared with model group, the a^* value in breast muscle in 0.4 g/kg BW ESWPs group significantly increased (P<0.05), drip loss in breast muscle significantly decreased (P<0.05). 4) At 14 days of age, the indexes of spleen, thymus and bursa of Fabricius in model group were significantly lower than that in control group (P<0.05). At 21 days of age, bursa of Fabricius index in model group was significantly lower than that in control group and 1.6 g/kg BW ESWPs group (P<0.05). 5) At 14 days of age, the activity of superoxide dismutase (SOD) in liver and breast muscle of broilers in model group was significantly lower than that in control group (P<0.05), the activity of glutathione peroxidase (GSH-Px) in liver and breast muscle was significantly lower than that in control group and 0.4 g/kg BW ESWPs group (P<0.05), and the activity of catalase (CAT) in liver and breast muscle was significantly lower than that in control group and 0.8 and 1.6 g/kg BW ESWPs groups (P<0.05). At 14 and 21 days of age, the content of malondialdehyde (MDA) in liver and breast muscle in model group was significantly higher than that in control group (P<0.05). The results indicate that ESWPs can effectively alleviate the stress response of broilers under oxidative stress, promote broilers growth, improve meat quality, and enhance the antioxidant capacity of broilers.

Key words：*Eupolyphaga sinensis* Walker polypeptides; broilers; oxidative stress; meat quality; antioxidant capacity